GEOLOGIA

LA ICNOFACIES ZOOPHYCOS-CHONDRITES DEL CRETACICO DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DE COLOMBIA Y SU POSIBLE SIGNIFICACION PALEOAMBIENTAL

Por

FERNANDO ETAYO SERNA *

RESUMEN

La icnofacies *Zoophycos-Chondrites* presente en sedimentitas finogranulares cretácicas de la cordillera Occidental de Colombia, no existe —hasta donde se conoce— en las rocas isópicas coetáneas de las cordilleras Central y Oriental. Esta falta de la icnofacies se explica si se tiene en cuenta que a mediados y finales del Cretácico hubo lapsos durante los cuales se generaron cinturones de aguas anóxicas, que tocaron los fondos finogranulares de los dominios del mar epicontinental que cubrió el centro y el oriente colombianos, mas no alcanzaron los fondos óptimos para el desarrollo de *Zoophycos* en el océano en el que se originó el actual occidente de Colombia.

La identificación de la posición de la concavidad de los meniscos semilunares de las galerías verticales axiales de *Zoophycos*, que miraron hacia la superficie de depósito, permite su utilización en el discernimiento de la polaridad estratigráfica en rocas afectadas por metamorfismo penetrativo de bajo grado.

ABSTRACT

The *Zoophycos-Chondrites ichnofacies* is common in fine-grained Cretaceous sedimentary rocks, in both biosiliceous and terrigenous claystone and

* Instituto de Ciencias Naturales - Museo de Historia Natural. Apartado 7495. Bogotá, D. E.

siltstone of the Western Cordillera of Colombia, but it is absent from isopic coeval rocks of the Central and Eastern Cordilleras: The absence of this ichnofacies is attributed to the influence of a belt of oceanic anoxic waters developped during middle and late Cretaceous, that caused stagnant episodes in the sea floor of the epicontinental seas that stretched across the places of the actual Central and Eastern Cordilleras, but that did not affect the deep-sea floor where the sediments of the present Western Cordillera were accumulating.

In sections perpendicular to the bedding the trace fossil *Zoophycos* generally appears as belt-like burrows composed of a series of closely juxtaposed meniscate markings. Identification in the axial vertical burrows of the concave-side of the menisci, that originally face up-section, may help as a way-up criterion when dealing with rocks affected by low-grade penetrative metamorphism.

INTRODUCCION

Entre las rocas que forman la Cordillera Occidental de Colombia, son particularmente notorias unas de grano fino del dominio granulométrico limo-arcilla, biosilíceas o siliciclásticas terrígenas, que muestran la icnofacies *Zoophycos-Chondrites*. Rastros similares de actividad animal han sido observados en sedimentos que forman fondos oceánicos profundos del Cuaternario. (Cf. WETZEL y WERNER, 1981); no es por lo tanto totalmente inadecuado transferir al registro fósil el posible significado ambiental de tales rastros y formular hipótesis de trabajo que permitan utilizar esta icnofacies en el proceso de estudio de los ámbitos de depósito de los materiales de las rocas sedimentarias del Occidente de Colombia. Un intento preliminar de utilizar ambientalmente esta icnofacies en Colombia fue adelantado por ETAYO-SERNA y otros (1982).

SISTEMATICA DE LOS RASTROS FOSILES

Icnogénero ZOOPHYCOS Massalongo, 1855

La sinonimia y concepto del icnogénero sigue a HÄNTZCHELL (1975: W 120); las icnoformas (rastros) aquí discutidas han sido identificadas y determinadas con base en los trabajos de TAYLOR (1967), SIMPSON (1970), CHAMBERLAIN (1975, 1978), EKDALE (1977), WARME y otros (1973), WETZEL y WERNER (1981), EKDALE y BROMLEY 1894).

Morfología. En las muestras estudiadas predomina un tipo morfológico caracterizado por cintas paralelas, con trazado horizontal (Cf. Lám. II, Figs. A, B); internamente están compuestas por una alternancia de láminas semilunares encajadas claras y oscuras (Spreiten) (Cf. Lám. 1, Fig. D; Text. Fig. 3). Esta es la forma usual como aparece *Zoophycos* en los testigos de perforaciones de fondos marinos profundos (Cf. WETZEL y WERNER, 1981: 186).

Otro tipo morfológico presenta las cintas anteriores pero unidas con ángulo agudo a una galería axial más ancha, que expresa la dimensión vertical del rastro, también provista de las láminas semilunares (Cf. Lám. I, Fig. B; Lám. II, Fig. G, Text. Fig. 2ª). Este tipo menos frecuente, ha sido hallado en testigos de perforaciones en sedimentos cercanos a la Fosa de Puerto Rico (Cf. WARME y otros, 1983, Lám. 5).

Un tercer tipo morfológico, encontrado expuesto paralelo a las superficies de estratificación, presenta alternancia de franjas delgadas claras y oscuras, estas últimas con aspecto arrosariado (Cf. Tex. Fig. 2b); esta forma ha sido igualmente recuperada en testigos de perforaciones del fondo marino profundo (Cf. Van der LINGEN, 1977: Lám. 3, Fig. 2), y es común en afloramientos en varias partes del mundo (Cf. MARTINSCH y FINKS, 1978).

Desde el punto de vista de la información disponible, es justificado considerar estas tres formas como aspectos de un mismo tipo o motivo de rastros fósiles asignables a *Zoophycos:* En su estudio de la morfología del icnogénero con base en la disposición de los meniscos semilunares -SPREINTEN- WETZEL y WERNER (1981: 190) definen (trad.): "... el recudidero-*shaft spreinten* (a) —como la parte axial de la galería —burrow—; el desvío *deviation spreinten* (b) —como la parte transicional desde el recudidero a los campos de alimentación externos —*external feeding spreiten* (d)—; la confluencia —*regression spreiten* (c)—, como la parte transicional desde los campos de alimentación al recudidero". (Cf. Figura de texto 2ª).

Icnogénero CHONDRITES Von Stemberg, 1833.

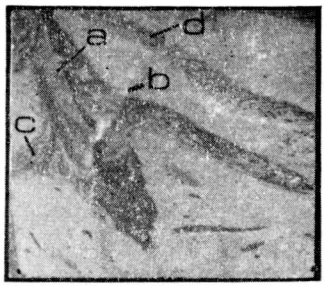
La sinonimia y concepto del icnogénero sigue a HÄNTZCHELL (1975: W49); las formas aquí discutidas han sido identificadas por comparación con los trabajos de SIMPSON (1957), CHAMBERLAIN (1978), EKDALE (1977-1980).

Morfología. Se manifiesta como rastros oscuros, de forma de óvalo, con diámetro mayor que oscila entre 1 y 2 mm; raramente se observaron

LAMINA I

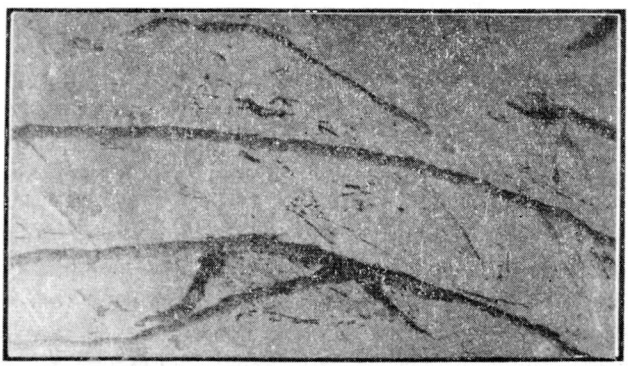
A

0 1cm



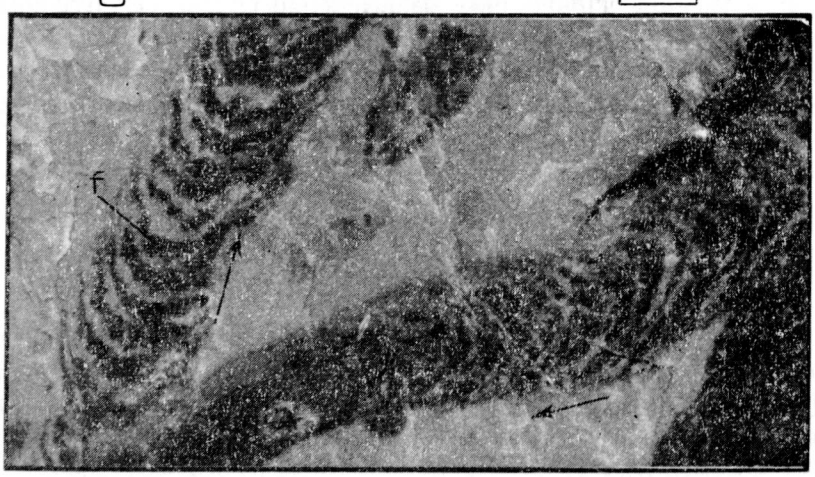
B

0 1cm



C

0 5cm



D

0 1cm

LAMINA I

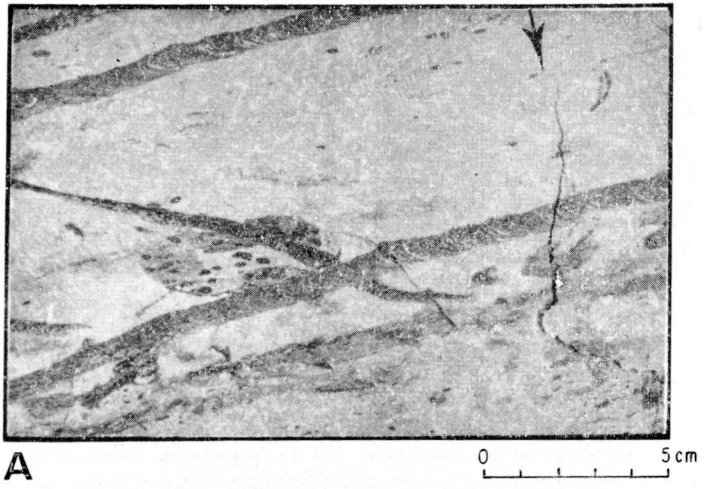
FIGURA A. *Planolites*. Cantera el Naranjo.

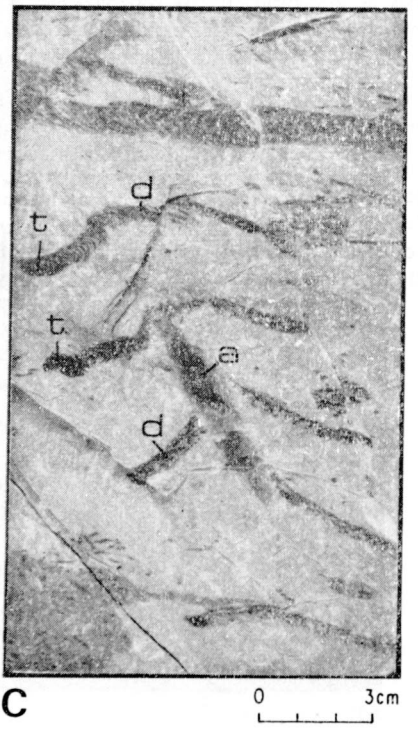
FIGURA B. *Zoophycos*. En el recudidero (a) se aprecia la forma semilunar de los meniscos claros y oscuros, cuyas concavidades apuntan hacia el techo de la capa. Los campos de alimentación (d) son paralelos a la estratificación. (Comparar con WARME y otros, 1973: lám. 5, fig. D, E). Quebrada Santa Rita, al W de Toro. IGM 174174, colector E. Parra. Ver también figuras de texto 2a, 2b.

FIGURA C. *Zoophycos* y *Chondrites*. Obsérvese los campos de alimentación de *Zoophycos* ligeramente curvados; compárese con la figura b de la lámina de EKDALE (1977). Localidad Cantera el Naranjo, colector F. Etayo.

FIGURA D. *Zoophycos*. Campos de alimentación magnificados para mostrar en detalle la alternancia de láminas semilunares: obsérvese cómo las láminas oscuras se componen de pellas fecales de relleno (f: *pelleted back-fill*). Las flechas indican el sentido del desplazamiento del animal que produjo el depósito. Cantera el Naranjo. IGM 181602.

LAMINA II





LAMINA II

FIGURA A. Icnofacies de *Zoophycos*, *Chondrites* y *Planolites*. Los campos de alimentación de *Zoophycos* paralelos a la prístina superficie de estratificación; el cuerno más alargado de las láminas semilunares sugiere la base de la secuencia estratigráfica (Cf. flecha negra). Nótese un rastro de *Planolites* cruzado por un campo de alimentación de *Zoophycos* y a su vez atravesado por pequeños óvalos oscuros de *Chondrites*. La roca es una filita y su foliación es aproximadamente paralela al plano de la fotografía (Cf. CHAMBERLAIN, 1975: lám. 3, fig. 4). Cantera el Naranjo, km 61 + 800 de la carretera Buga-Buenaventura. IGM 181602.

FIGURA B. *Zoophycos*. Campos de alimentación paralelos a la prístina superficie de estratificación (oblicua en la figura); entre ellas hay rastros de *Planolites* cortados por rastros de *Chondrites* (Cf. CHAMBERLAIN, 1975, lám. 2, fig. 2).

FIGURA C. *Zoophycos* tipo helicoidal. En la figura central se ve la unión entre los campos de alimentación (d) y el recudidero (a). El ángulo agudo de unión entre los campos de alimentación y el recudidero apunta al techo de la estratificación. La letra (t) señala el posible tubo marginal *(open marginal tube)*. En el extremo inferior izquierdo de la foto hay un rastro desdibujado de *Planolites* y rastros netos de *Chondrites*. Otros datos como en la figura A.

circulares y algunas veces ramificados; las formas de estos rastros fueron interpretadas por SIMPSON (1957) como vistas en cortes, de las galerías de excavación de un animal limífago que elaboraba su sistema de galerías tridimensional ensanchado hacia la profundidad del sedimento.

Relación con otros rastros. En las muestras analizadas se han observado óvalos o manchas radiciformes: 1) concentrados a modo de bandas con exclusión de otras icnoformas (Cf. Lám. I, Fig. C); 2) cruzando a *Zoophycos* y llegando en ocasiones a desdibujar las características de éstos (Cf. Text. Fig. 4); 3) Concentrados en fantasmas de pistas de *Planolites* (Cf. Lám. II, Fig. A).

Icnogénero PLANOLITES Nicholson, 1873

La sinonimia y concepto del icnogénero sigue a PEMBERTON y FREY (1982). En las muestras estudiadas generalmente aparecen como óvalos oscuros con diámetro mayor generalmente superior al centímetro (Cf. Lám. 1, Fig. A), raras veces se observan tubos —hasta 10 cm de longitud—.

Relación con otros rastros. Aparentemente la menor frecuencia de este rastro está supeditada a los rastros anteriormente discutidos pues suele estar cortado tanto por *Zoophycos* como por *Chodrites* (Cf. Lám. II, Fig. A) que lo difuminan.

PAUTAS ETOLOGICAS-ECOLOGICAS DE LA ICNOFACIES ESTUDIADA Y SU APLICACION ESTRATIGRAFICA

Preservación de los rastros. Uno de los aspectos que destacan WETZEL y WERNER (1981:187)) en su estudio de los *Zoophycos* de los fondos oceánicos profundos del Cuaternario es su buen estado de preservación; la misma observación es válida para el caso de esta icnofacies en sedimentitas de la cordillera Occidental —afectadas a veces por metamorfismo penetrativo—. Los autores mencionados consideran que el organismo productor del rastro —quizá un sipuncúlido— debe haber penetrado en los sedimentos a mayor profundidad que otros organismos para que el rastro no haya sido destruido; esta hipótesis encuentra apoyo en el trabajo de CULLEN (1973: 324) que demuestra cómo las pistas superficiales en los fondos oceánicos profundos durarían *apenas* pocos días, y solamente si las condiciones fueran anormales —anóxicas— para el mantenimiento del miobentos que en otras condiciones rápidamente las destruirían.

La forma de los campos de alimentación.

MARGALEF (1980: 850) en su análisis del ecosistema en el espacio señala que "La formación de pistas y caminos hace que las nuevas trayectorias no

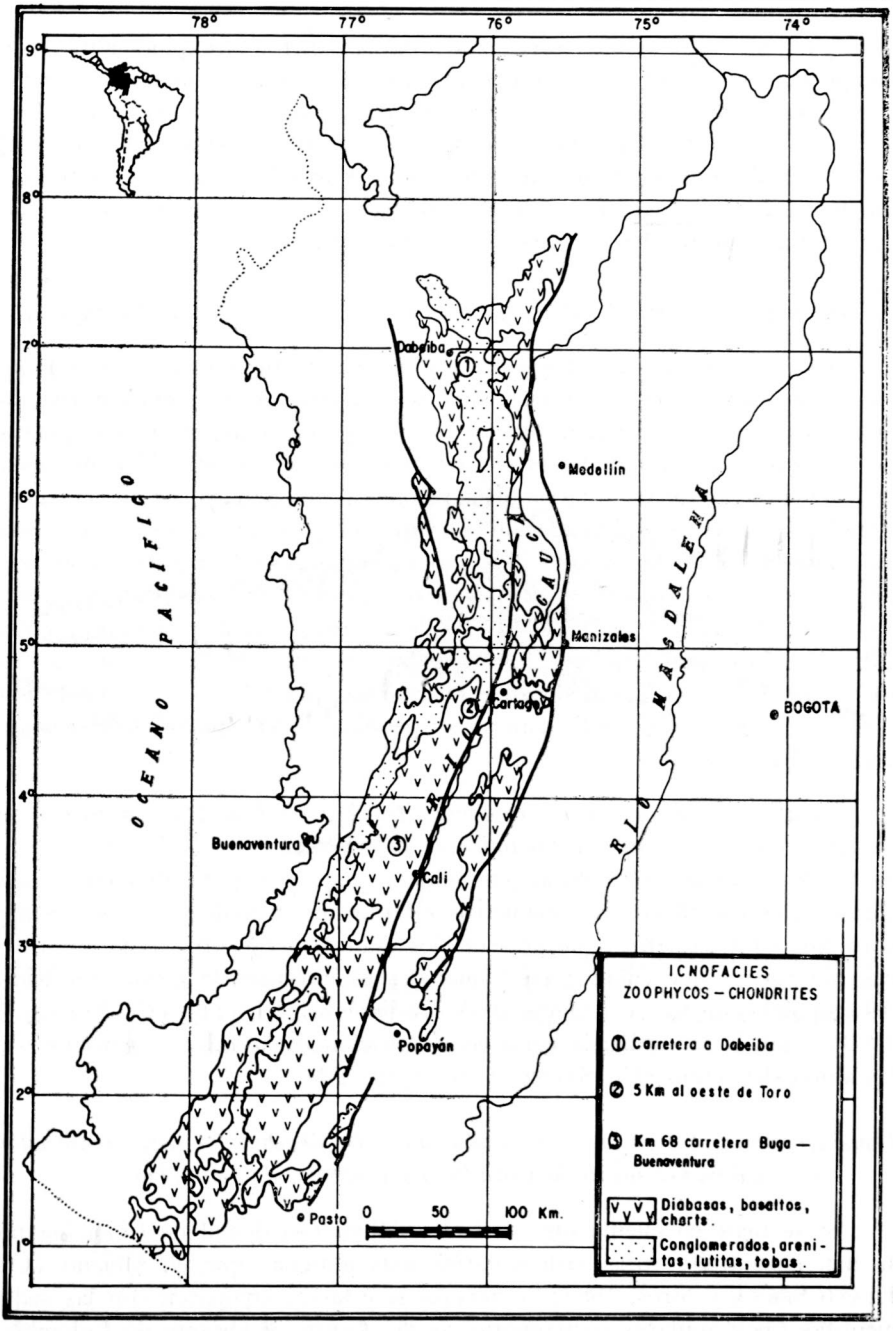


FIGURA 1. Mapa de Colombia con la localización de los sitios de colección de muestras son la icnofacies *Zoophycos-Chondrites*, Simplificado del Mapa Geológico de la República de Colombia, en preparación.

sean ya al azar y, con ello, se reduzca progresivamente la exploración". Este comportamiento se observa claramente en el caso de los campos de alimentación de *Zoophycos:* cuando se miran en vista de planta (Cf. Text. Fig. 2b) se aprecia que el organismo generador del rastro procuró aprovechar al máximo la disponibilidad de nutrientes, pues el área *barrida* por su actividad no deja espacios inexplorados y la tendencia de las trayectorias es a no cruzarse aunque pueden repetirse por niveles sucesivos.

Espaciamiento vertical entre los campos de alimentación de Zoophycos.

Tal como puede apreciarse en las láminas y figuras de este trabajo, existe un espaciamiento variable entre los campos de alimentación cuando éstos son mirados en sección vertical; esta disposición sugiere una respuesta del organismo generador del rastro a la variación de la intensidad de caída de partículas al fondo, estando más próximos los campos de alimentación cuando la tasa de sedimentación fue menor y separándose cuando ésta aumentó. A modo de ejemplo de comparación un comportamiento con respuesta similar se conoce en el poliquete *Paranois* (Cf. SCHAEFER, 1962, Fig. 171; RISK y TUNNICLIFFE, 1978) de las áreas intermareales. SOKOLOVA (1959) señala que (trad) "...la distribución zonal de las faunas de los fondos de aguas profundas depende de cambios zonales en la sedimentación y en la concentración de la materia suspendida en el agua inmediatamente encima del fondo".

Substitución de una icnoforma por otra. En las muestras estudiadas se observa que existe un *escalonamiento de rastros ("tieiring":* AUSICH y BOTTJER, 1982) así: *Planolites,* generalmente con los mayores diámetros, está cortado por *Zoophycos* con diámetros intermedios, y ambos a su vez están cortados por *Chondrites,* que presenta los diámetros menores. Esta substitución de rastros que culmina en *Chondrites* es interpretada como indicación del empobrecimiento del oxígeno en los sedimentos del fondo (Cf. ECKDALE, 1980) y puede ser utilizada en la reconstrucción de la paleo-oxigenación de las aguas del fondo (Cf. SAVDRA y BOTTJER, 1986).

Consideraciones acerca de las condiciones de depósito de estos materiales sedimentarios de la Cordillera Occidental de Colombia.

Si se tiene en cuenta que en la Cordillera Occidental de Colombia no se han encontrado rocas sedimentarias más antiguas que el Albiano (Cf. ETAYO-SERNA y otros, 1982), y además si éstas se comparan con las sedimentitas finogranulares contemporáneas del Centro y Oriente de Colombia, se nota que en estas últimas está ausente la icnofacies *Zoophycos-Chondrites,* probablemente debido a la acumulación de los sedimentos en fondos anóxicos

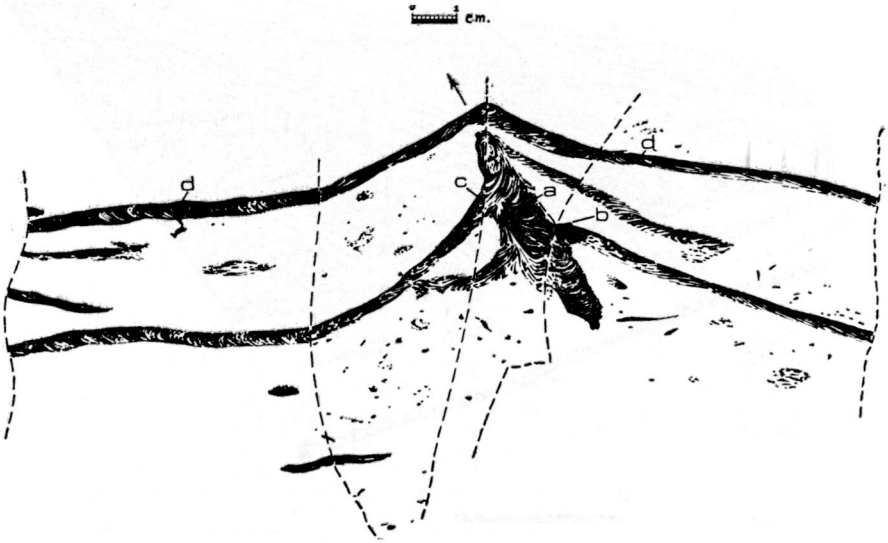


FIGURA 2a. *Zoophycos*. Dibujo correspondiente a la muestra ilustrada en la lámina II, figura b, en la que se muestran los campos de alimentación (d) extendidos; recudidero (a), desvío (b), confluencia (c). La concavidad de los meniscos del recudidero mira hacia el techo de las capas (flecha).

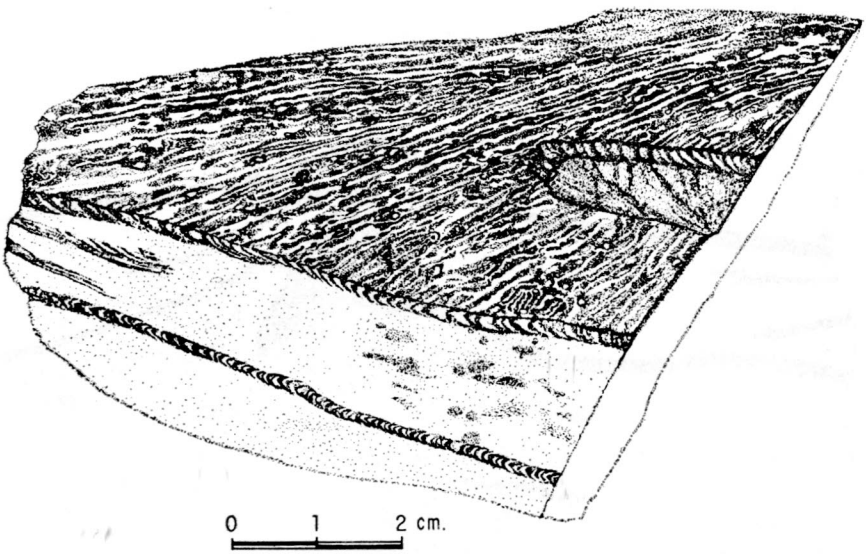


FIGURA 2b. *Zoophycos*. Dibujo correspondiente a la muestra anterior, pero en el que se muestra el campo de alimentación en sección horizontal: obsérvese cómo las láminas oscuras parecen cordones arrosariados por causa de las pellas fecales; compárese con la ilustración de VAN DER LINGEN (1977, lám. 3, f.e.). IGM 174174. Q. Sta. Rita (Toro). Col. E. Parra.

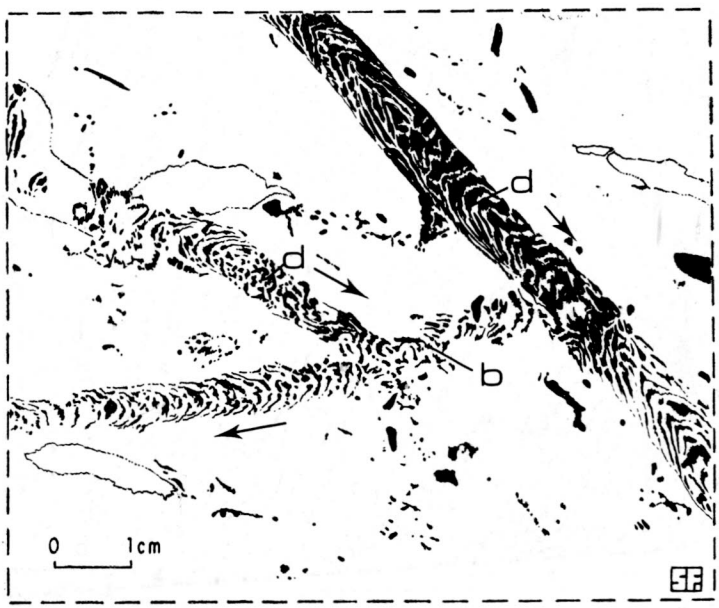


FIGURA 3. *Zoophycos y Chondrites*. Campos de alimentación con meniscos semilunares claramente notorios; las láminas oscuras están hechas por pellas fecales. Cantera el Naranjo. Colector R. Salinas.

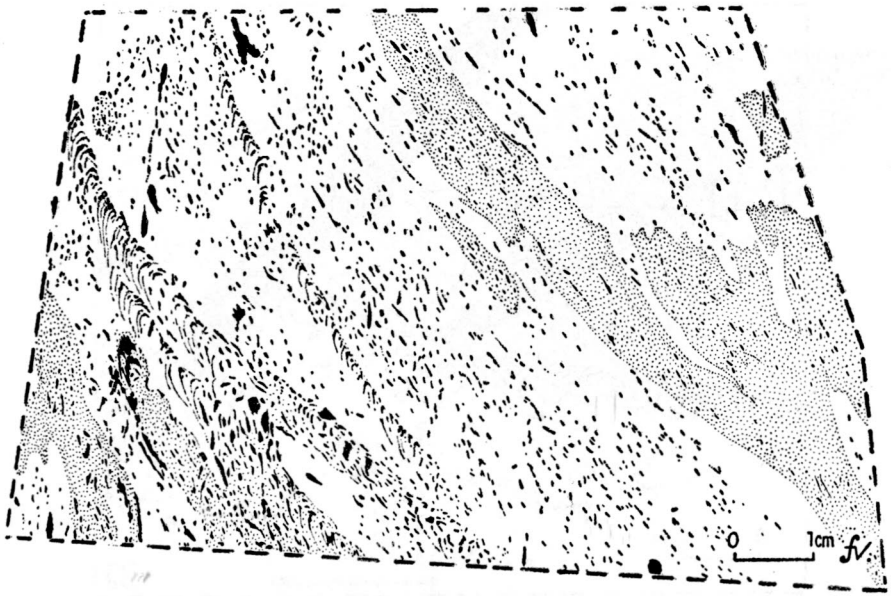


FIGURA 4. Palimpsesto en el que aparecen desdibujados los rastros de *Zoophycos* (punteado fino y líneas semilunares), por causa de la acción del animal productor de *Chondrites* (puntos ovalados y rayitas negras). Este desdibujamiento de un rastro por otro parece indicar condiciones de disminución en la cantidad del oxígeno del fondo (Cf. SAVDRA y BOTTJER, 1976). Al W. de Toro. Muestra 1350, colector E. Parra.

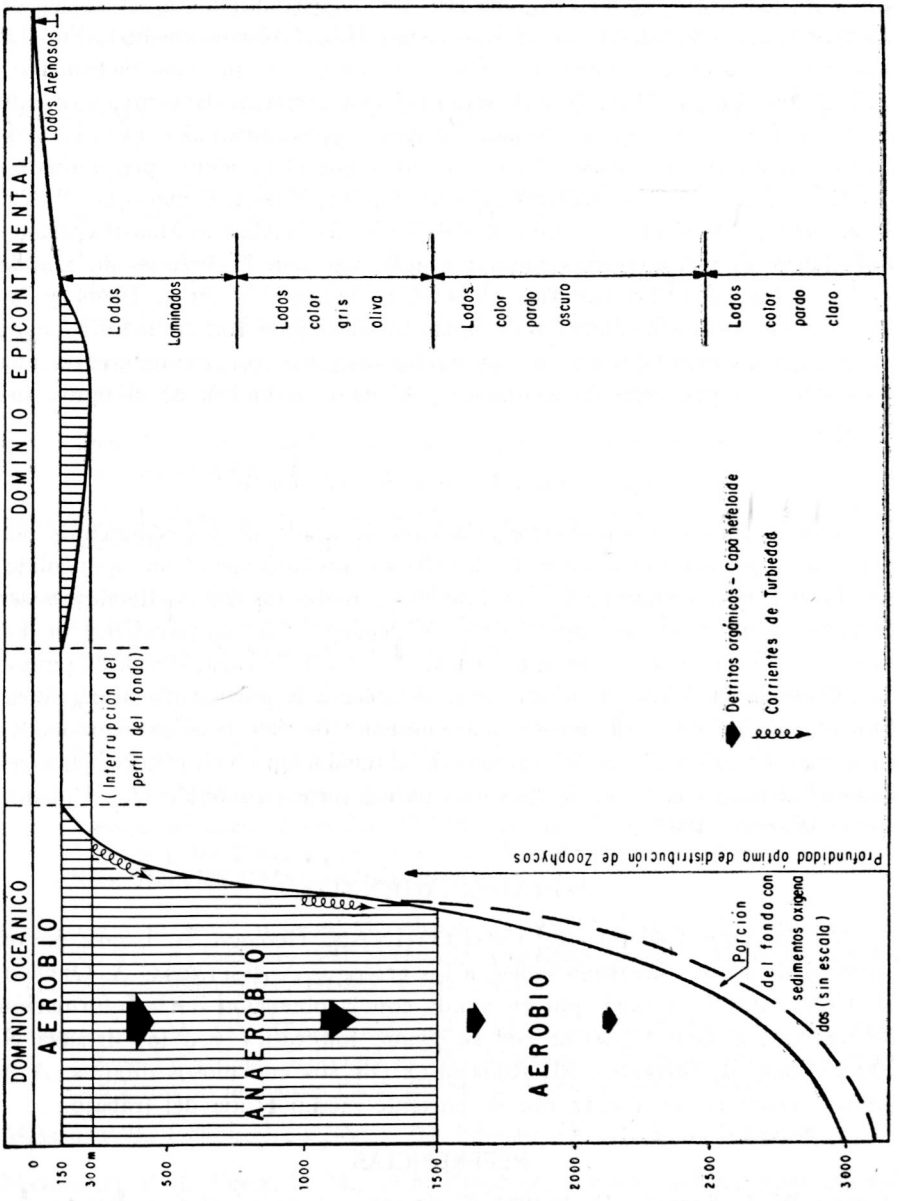


FIGURA 5. Esquema comparativo de la posible relación entre la capa de agua anóxica y la distribución de la infauna en fondos de materiales finos. Las variaciones de la capa de agua anóxica sobre el dominio epicontinental con sedimentación de materiales finos explicaría la ausencia de la icnofacies *Zoophycos-Chondrites*. Dibujo inspirado en SOUTHAM y otros (1982), ARTHUR y SCHLANGER (1979), y GARDNER y SULLIVAN (1981)

como lo demuestra la fina laminación no bioperturbada característica de cuerpos litológicos tales como la Formación Hilo (Albiano medio), Fm. La Frontera (Turoniano inferior), Fm. La Luna (Coniaciano-Santoniano) (Cf. FABRE, 1985). Ahora bien, la sedimentación cretácica del centro y oriente de Colombia se produjo en fondos de mares epicontinentales (Cf. ETAYO-SERNA, RENZONI, BARRERO, 1976), mientras que al occidente predominaron condiciones oceánicas o similares (ETAYO-SERNA, PARRA, RODRÍGUEZ, 1982). Igualmente, a mediados y finales del Cretácico (Albiano-Maastrichtiano) hubo lapsos de fuerte condición anóxica en las aguas de los océanos del mundo (Cf. BRALOWER y THIERSTEIN, 1984; GRACIANSKY, y otros, 1984) y las fluctuaciones del ancho cinturón de aguas anóxicas pudieron afectar los fondos marinos epicontinentales mas no los fondos oceánicos con granulometría fina favorable a la presencia de *Zoophycos*, tal como se indica en la figura del texto 5.

Aplicación a los trabajos de campo.

Por la forma de producirse la acción de arado de los sedimentos por parte del organismo generador de *Zoophycos*, probablemente un sipuncúlido, sus formas más comunmente observables, a modo de cintas, tienden a ser paralelas a las prístinas superficiales de depósito. Las concavidades de los meniscos del recudidero, que miran hacia el techo de la capa, sirven de puntos de referencia (Cf. Fig. texto 2a) para establecer la polaridad estratigráfica. Considerar el cuerno de mayor alargamiento de las láminas semilunadas encajadas ("spreiten") de los campos de alimentación como criterio para reconocer la base y el techo de las capas parece menos confiable (Cf. PUDSEY, 1983; WETZEL, 1985).

AGRADECIMIENTOS

Al Director General del INGEOMINAS, Geólogo A. LÓPEZ por el apoyo dado a estas investigaciones; a los geólogos A. ESPINOSA, A. ORREGO, H. GONZÁLEZ, E. PARRA, por su ayuda con la obtención de la información de terreno; a Don C. RUIZ por su ayuda fotofráfica y a los artistas S. FERNÁNDEZ, B. BOTERO y M. RODRÍGUEZ por sus cuidadosos dibujos. A la señora GABRIELA DE URETA por su paciente mecanografía del trabajo.

REFERENCIAS

AUSICH, W. I., BOTTJER, D. J. 1982. Tiering in suspension-feeding communities on soft substrata throughout the Phanerozoic. Science, **216** (4542): 173-174, 1 fig., Washington.

ARTHUR, M. A., SCHLANGER, S. O., 1979. Cretaceous "oceanic anoxic events" as causal factor in development of reef-reservoired giant oil fields. Am. Ass. Petrol. Geol., Bull., **63** (6): 870-885, 6 figs., Tulsa.

BRALOWER, TH., J. THIERSTEIN, H. R. 1984. Low productivity and slow deepwater circulation in mid-Cretaceous oceans. Geology, **12** (10): 614-618, 4 figs., Boulder, Co.

CHAMBERLAIN, G. K., 1975. Trace fossils in DSDP cores of the Pacific. J. Paleontol., **49** (6): 1074-1096, 14 figs., 3 lams., Tulsa.

CULLEN, D. J. 1973. Bioturbation of superficial marine sediments by interstitial meiobenthos. Nature, **242**: 323-324, 2 figs. London.

EKDALE, A. A. 1977. Abyssal trace fossils in world wide Deep Sea Drilling Project cores *In:* Trace fossils, **2** (Ed. T. P. CRIMES & J. C. HARPER): 163-182, 3 lams., Geol. J. Spec. Issue 9, Seel House Press, Liverpooll.

— 1980. Trace fossils in Deep Sea Drilling Project Ieg 58 cores. Init. Repts. DSDP, **58**: 601-605; 1 lam., U.S. Government Printing Office, Washington.

— 1986. Trace fossils and Stagnation of Deep-sea basins. Am. Assoc. Pet. Geol., Bull., **64** (5): 704, Tulsa.

EKDALE, A. S., BROMLEY, R. G., 1984. Comparative ichnology of shelf-sea and Deep. sea chalk. J. Paleont., **58** (2): 322-332, 6 figs., Tulsa.

ETAYO-SERNA, F., RENZONI, G., BARRERO, D., 1976 Contomos sucesivos del mar creáceo en Colombia. Primer Congr. Colomb. Geología Mem. 217-252, 20 figs. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

ETAYO-SERNA, F. PARRA, E. RODRÍGUEZ, G., 1982. Análisis facial del "Grupo del Dagua" con base en secciones aflorantes al W de Toro (Valle del Cauca). Geología Norandina, **5**: 3-12, 12 figs., 1 lám., Soc. Colomb. Geología. Bogotá.

FABRE, A. 1985. Dinámica de la Sedimentación Cretácica en la región de la Sierra Nevada del Cocuy (Cordillera Oriental de Colombia). *In:* F. Etayo-Serna y F. Laverde (eds). Proyecto Cretácico. Contribuciones XIX-7-20, 9 figs. Publ. Geol. Spec. INGEOMINAS 16, Bogotá.

GRACIANSKY, DE P. C., DEROO, G., HERBIN, J. P., MONTADERT, L., MULLER, C., SCHAAF, A., SIGAL, J., 1984. Ocean-wide stagnation episode in the late Cretaceous. Nature, **308** (5957): 346-349, 4 figs. London.

HÄNTZSCHELL, W. 1975. Trace fossils and problematica. *In*: C. TEICHERT, ed., Treatise on Invertebrate Paleontology, W. Miscellanea, Supp. 1, Geol. Soc. Amer. and Universit of Kansas Press, 269 pp., 110 figs., Lawrence, Kansas.

MARGALEF, R., 1980. Ecología XV + 951, Ediciones Omega, S. A., Barcelona.

MARINTSCH, E. J., FINSK, R. M., 1978. *Zoophycos size* may indicate environmental gradients. Lethaia, **11** (4): 273-279, 4 figs., Oslo.

PEMBERTON, S. G., FREY, R. W., 1982. Trace fossils nomenclature and the Planolites Palaeophycus dilemma. J. Paleontol., **56** (4): 843-881, 5 láms., 2 figs., Tulsa.

PUDSEY, C. J., 1983. Asmmetry of *Zoophycus* burrows as a way-up criterion. Sedimentology, **30** (2): 301-304, 5 figs. Blackwell Sci. Pub., Oxford-London.

RISK, M. J., TUNNICLIFFE, V. J., 1978. Intertidal spiral burrows: *Paranois fulgens* and *Spiophane wigley* in the Minas Basin. Bay of Fundy. J. Sediment. Petrol., **48** (4): 1287-1292, 3 figs., Tulsa.

SAVDRA, CH. E., BOTTJER, D. J., 1986. Trace-fossils model for reconstruction of paleo-oxygenation in bottom waters. Geology, **14** (1): 3-6, 5 figs., Boulder, Co.

SCHAEFFER, W. Aktuo-Paläontologie nach studien in der Nordsee, 666 p., 277 figs. 36 lams., W. Kramer, Frankfurt.

SIMPSON, S. 1957. On the trace-fossil *Chondrites*. Quart. J. Geol. Soc. London, **112** (448): 475-499, 2 figs., 4 lams. London.

— 1970. Notes on *Zoophycos* and *Spirophyton*. In: T. P. CRIMES and J. C. HARPER, eds. Trace Fossils. Geol. J. Spec. Issue 3, 505-514, Seel House Press, Liverpool.

SOKOLOVA, M. V. 1959. On the distribution of deep-water bottom animals in relation to their feeding habits and the character of sedimentation. Deep Sea Research, **6** (1): 1-4, 1 fig. Pergamon Press, Oxford, New York.

SOUTHAM, J. R., PETERSON, W. H., BRASS, G. W., 1982. Dynamic of anoxia. Palaeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **40** (1-3): 183-198, 12 figs., Elsevier Sci. Pub. Co., Amsterdam.

TAYLOR, B. J. 1967. Trace fossils from the Fossil Bluff Series of Alexander Island. Brit. Antartc. Surv. Bull., **13**: 1-30, 9 figs., London.

VAN DER LINGEN, G. J. 1973. Ichnofossils in deep-sea cores from the southwest Pacific. *In:* R. R. Burns et al., eds., Init. Reptt. D. S. D. P., **21**: 693-700, 18 figs. U. S. Government Printinf Office, Washington.

WARME, J. E., KENNEDY, W. J., SCHNEIDERMANN, N., 1973. Biogenic sedimentary structures (trace fossils) in Leg 15 cores. *In:* N. T. Edgar et al. eds., Init. Repts. D. S. D. P., **15**: 813-831, 1 fig. 6 lams. U. S. Printing Office, Washington.

WETZEL, A., WERNER, F., 1981. Morphology and ecological significance of *Zoophycos* in deep-sea sediments off NW Africa. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **32** (3/4): 185-212, 16 figs., Elsevier Sci. Pub. Co., Amsterdam.

WETZEL, A., 1985. Asymmetry of *Zoophycos* burrows as a way-up criterion-a reconsideration: Sedimentology, **32**: 749-751, Blacwell Sci. Pub., Oxford-London.